

[6]探测通信一体化研究现状与发展趋势

简要总结：

本篇综述结合陆上与水下探测通信一体化的特征与区别，重点说明水下场景的重要问题研究现状和发展方向，可以对该领域研究获得比较全面的了解。

1. 现有研究：

国内外有较多的陆上雷达通信一体化的相关研究。雷达通信一体化系统工作体制可分为四种：分时体制、分频体制、分波束体制、全共享体制；分时体制与分波束体制由于探测与通信在时域或空域分开实现，相互间的干扰小，实现简单，早期研究较多。全共享体制下，由于共享发射信号，探测性能与通信性能可能存在相互制约；由于共用发射信号，相互间干扰较大，且探测性能和通信性能对共享波形要求有差异，导致共享信号设计存在矛盾。

2. 面临挑战：

陆上与水下探测通信一体化有一定区别，这主要源于雷达与声纳的工作体制不同。

雷达可用频带宽、阵列孔径大、电磁波传播速度快，使得雷达通信一体化系统常采用分时、分频以及分波束的工作体制。而声纳可用频带窄、阵列孔径小且水声传播速度慢，如果采用分时工作体制，探测盲区大，而有限的带宽也不适合使用分频工作体制；分波束体制能量被分割，降低了探测、通信距离；而全共享体制通过发射共享波形，使探测与通信同时同频段进行；虽然实现复杂，但由于全共享体制系统共享程度高，频谱、能量利用率高，使其成为水下探测通信一体化背景下的重要方向。

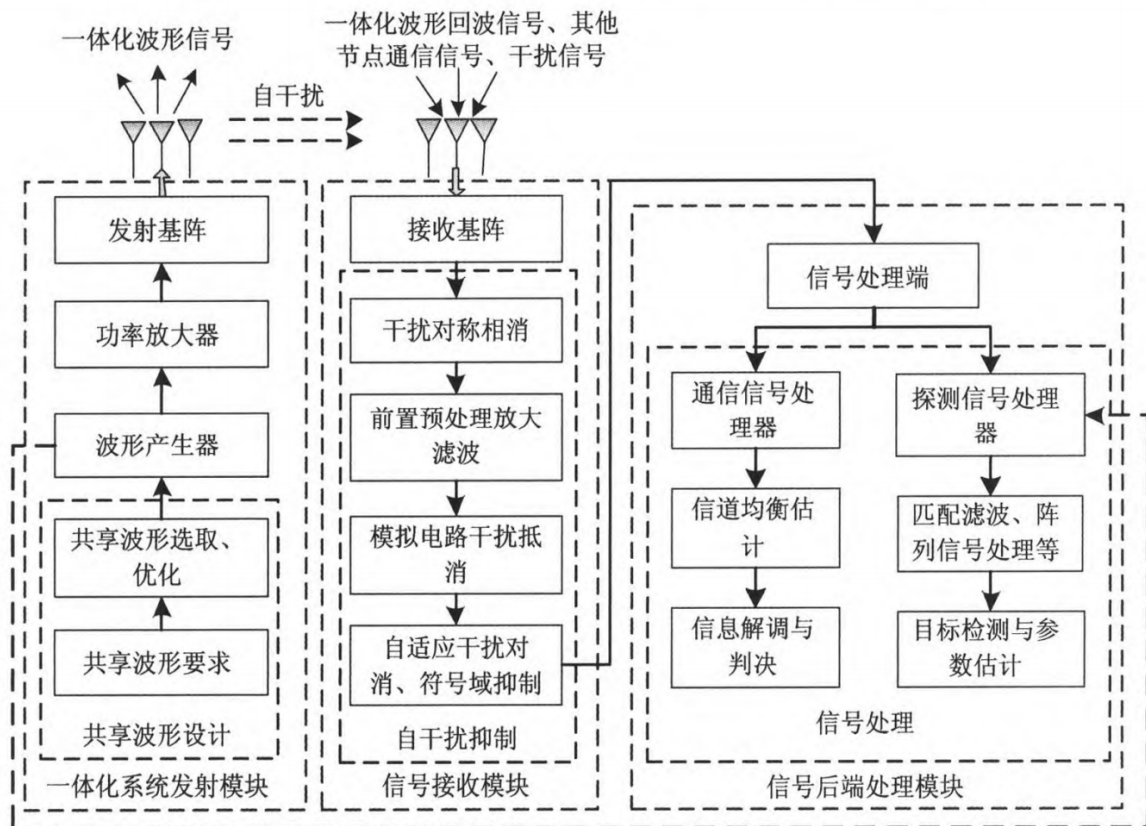


图 2 全共享体制下探测通信一体化系统流程图

Fig. 2 Flowchart of integrated detection and communication system under full sharing system

3. 水下通信探测一体化的研究现状与发展方向：

围绕探测通信一体化系统在全共享体制下三个重要问题：**共享波形设计、自干扰抑制以及共享信号处理**，

结合雷达通信一体化研究技术与水声环境特点与区别，讨论了水下探测通信一体化在单基地、双基地、信息化、安全性方面的研究现状与发展应用趋势。

研究现状：

- 共享波形设计

- 通信与探测波形叠加的全共享波形

通信与探测波形先独立产生，然后直接叠加合成为全共享波形。叠加合成的全共享波形常采用两种相互正交的波形来分别实现目标探测与信息传输功能。

但这两种信号间的干扰成为影响系统性能的新问题。由于通信信号与探测信号直

接叠加合成共享信号，因此信号间相互干扰严重，功率利用率低，且接收端信号分离困难。该方面研究成果相对较少。

- 基于探测波形的全共享波形

将通信信息调制到探测信号上，使探测信号成为传输信号的载体。常见的方式是利用探测信号脉冲间参数变化表示通信信息。

基于探测波形的全共享信号，通信调制实现受探测信号可变参数的限制，导致通信信息传输速率受限，且通信方向受限于探测波束方向。

- 基于通信波形的全共享波形

对现有的通信波形进行优化设计使其具备良好的探测能力，或直接使用具有探测能力的通信波形作为共享波形。

信号发射功率低，距离受限。

- 自干扰抑制

- 传统的自干扰抑制方法可以分被动与主动两种方式。

- 被动自干扰抑制：减少接收与发射间的耦合，增加发射与接收间的隔离度，从而降低到达接收通道的自干扰信号功率，常用的方式有收发基阵分离与收发通道隔离。

- 主动自干扰抑制：利用已知的发射信号副本，重建自干扰信号，进而从接收通道中消除自干扰信号，达到自干扰抑制的目的，可以在模拟域与数字域实现自干扰抑制。

两种环境的具体区别：

- 水声环境更复杂，受多种因素影响，传输特征差异变化大。
- 水声信道多径时延扩展长、衰落严重、多普勒效应明显；易造成通信信号失真、频率偏移、相位抖动等影响，需要在接收端利用均衡技术来消除影响。
- 一体化共享信号需要根据通信信源信息进行调制编码，信号复杂，同时具有信号持续时间长、功率小、频带宽等特点，想要充分利用一体化共享信号进行目标检测与参数估计，还需要解决信号连续性、低信噪比、频带宽等问题。

水下探测通信一体化发展方向：

- 单基地探测通信一体化
 - 节点发射一体化共享信号实现信息传输的同时，接收目标反射回波。

- 即共享信号有两种功能：实现信息传输、作为主动声纳照射源
- 多基地探测通信一体化
 - 节点利用其他节点发射的共享信号作为照射源进行目标探测，同时接收其他节点的通信信号。以实现多节点的协同探测与通信。
- 信息化的探测通信一体化技术
 - 分布式、网络化、一体化是三个重要发展方向
- 安全的探测通信一体化技术（主要指电子对抗中的安全性）

4. 摘录笔记与问题记录：

探测通信一体化将独立的探测与通信系统集成一起，通过共用一套硬件设备实现目标探测与信息传输功能，相比传统单一的探测与通信系统，其具有节约平台空间、**降低平台能耗以及提高平台安全性（Q1）**等优点。

无论是陆上还是水下，探测与通信作为信息系统的两大功能，两者的一体化设计是系统集成化、信息化、智能化的发展趋势之一。

现阶段的探测通信一体化研究主要基于陆上雷达，而基于水下声纳的探测通信一体化研究还处于起步阶段。

电磁波传播速度快、频率高、可用频带宽，且为具有偏振特性的横波，可携带更多的信息。声波速度慢、工作频率低、可用频带有限。由于电磁波在水中吸收衰减大，因此，声波是水下远距离探测、通信的唯一有效手段。

现有的水下节点中通信与探测系统是独立的，水声通信与水下探测作为水下信息获取、识别、传输和交换的重要技术，由于水声通信与水下探测在工作原理、系统结构、工作频率、硬件设备等方面具有一定的共性，因此将两者有机的集成起来，形成水下探测通信一体化是可行的。

Q1:为什么集成化系统能够降低平台能耗以及提高平台安全性？

A：各种功能的电子设备被装备在同一平台上，占据了平台大量的空间，增加了平台的反射面积和能耗，恶化了平台周围的电磁环境，降低了隐蔽性，从而影响了平台整体机动性、安全性等性能。

而集成化系统减小反射面积、降低电磁辐射等，提高整体抗性能，从而在对抗中获得有利优势。

Q2:本文中把集成化系统分为四种，但其他许多文献分为了三种，不包括频分的一种。